Ueber

die Spaltöffnungen der Carices.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der philosophischen Facultät

der Universität zu Rostock

vorgelegt

von

Carl Theodor Zingeler.

Bonn,

Druck von J. F. Carthaus.

Ihrer

Königlichen Hoheit

der Frau Erbprinzessin von Hohenzollern

Infantin von Portugal

in tiefster Ehrfurcht

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553622_0298

Die Spaltöffnungen der Carices.

Charles Darwin stellt in seinem Werke[1]) über die verschiedenen Vorrichtungen, durch welche Orchideen befruchtet werden, den Satz auf: „Nature tells us in the most emphatic manner, that she abhors perpetual self-fertilisation", — „Die Natur zeigt uns in der deutlichsten Weise, dass sie eine beständige Selbstbefruchtung verwirft", und er fügt dann an einer andern Stelle desselben Werkes hinzu: „No hermaphrotite fertilises itself for perpetuity of generations", — „Kein Hermaphrodit befruchtet sich selbst für eine Dauer von Generationen".

Betrachten wir den Sinn dieser Worte, deren Wahrheit Darwin durch zahlreiche Untersuchungen beweist, für die Hildebrand in seinem Werke über Dichogamie der Pflanzen interessante Thatsachen anführt, und die Konrad Sprengel[2]) schon erkannt hatte, so müssen wir unbedingt eingestehen, dass die Organe der Pflanzen und Thiere so zweckmässig angelegt sind, dass dieselben sich je nach den Erfordernissen, die an das Individium gestellt werden, vervollkommnen können. Es ist nicht die Absicht vorhanden hier irgend ein Urtheil abzugeben über die von Darwin aufgestellten Theorien, die ja bekannt sind, und die ihren Gipfelpunkt in der Behauptung haben,

---

1) On the various contrivances by which Orchids are fertilised p. 359.

2) Das entdeckte Geheimniss der Natur.

dass uranfänglich nur wenige, vielleicht nur eine einzige Urart bestanden habe, die an irgend einem Orte der Erde existirte, und aus der dann im Kampf um's Dasein, oder durch Ueberlebung der passendsten Individuen die grosse Mannigfaltigkeit unserer heutigen Flora und Fauna entstanden sei. Das aber darf man Darwin zuschreiben, welchen Standpunkt man auch annehmen möge, dass er dem Glauben an ein starres Dahinvegetiren der Thiere und Pflanzen schwere Wunden beigebracht hat. Da herrscht eine solche Mannigfaltigkeit der Anpassungen der Organe an die gestellten Lebensbedingungen, die uns erstaunen macht. Wer sich selbst in dieser Richtung beschäftigt, erkennt dies ja leicht. Wie viel mehr aber setzt uns diese Mannigfaltigkeit in Erstaunen, wenn wir sehen, dass z. B. der Pflanze eine so beschränkte Anzahl von Gliederungen dieser Art gegeben sind. Diese wenigen Gliederungen, wie Trichome, Blätter, Wurzel und Axengebilde, unterliegen oder unterziehen sich unzähligen Abänderungen in ihrem physiologischen Charakter, um den Lebensbedingungen zu genügen. Dabei bleibt doch im Wesentlichen der morphologische Charakter dieser Gebilde unverändert.

Zu diesen so zahlreichen Modificationen, deren Zahl und Zweckmässigkeit immer deutlicher wird, je mehr sie untersucht werden, zählen auch die stomata, oder Spaltöffnungen. Sie sind schon lange den Botanikern bekannt und waren schon öfter der Gegenstand von Untersuchungen, die angeführt werden. Wenn ich eben sagte, sie seien schon lange bekannt, so ist das nur relativ zu nehmen, da die Richtung, die sich mit der Phytomorphologie beschäftigt, kaum ein Saeculum hinter sich hat. Diese grosse Jugend kann uns kaum in Erstaunen setzen, wenn wir sehen, mit welchem geringen Interesse die Botanik während der früheren Jahrhunderte betrachtet wurde. Kannte man doch im Mittelalter kaum mehr Pflanzen als zu Zeiten des Theo-

phrastus (371—283 a. Ch.), des Plinius und des Dioscorides zu Nero's Zeiten.

Mit grossem Eifer suchten dann aber die ersten Phytotomen schon nach Feststellung bestimmter Funktionen für die ihnen bekannten Organe. Doch kam man damit Anfangs nicht weit, da das Studium der Morphologie gar zu äusserlich geworden war. Aber die Bahn war einmal betreten und man kam weiter, und so sehen wir denn schon im verflossenen Jahrhundert Gelehrte sich mit Untersuchungen der Spaltöffnungen beschäftigen, deren specielle Untersuchung in Bezug auf die Carices Zweck dieser Arbeit war und die bis jetzt noch nicht untersucht worden sind.

Die ersten Gelehrten, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, waren:

Hedwig[1]), Anton Krocker[2]), der Holcus sorghum untersuchte, Babel[3]) (Bromus purgans), Rudolphi[4]) (Hordeum hexastichum). Dr. Pfitzer[5]) Privat-Docent in Bonn führt in seiner Abhandlung über die stomata der Gräser diese und einige Andere mehr kritisch auf.

Es haben dann ferner Beobachtungen angestellt Moldenhawer[6]), der die schon früher von Malpighi aufgestellte Lehre, dass die Oberhaut keine Membran sondern eine Zellschicht sei, wieder aufnahm und dadurch natürlich eine bessere Basis für seine Untersuchungen bekam. Treviranus[7]) stellte stomata von Bambusa arundinacea und 10 Jahre später Meyen[8]) solche von Saccharum officinarum dar. Die Ansicht von Meyen, dass die stomata Hautdrüsen seien und

1) Theoria generationis plantarum cryptogamarum 1784.
2) De plantarum epiderme. Halae 1800.
3) De graminum fabrica.
4) Anatomie der Pflanzen.
5) Jahrb. für wissensch. Botanik VII.
6) Beiträge zur Anatomie der Pflanzen 1812.
7) Vermischte Schriften IV 1820.
8) Phytotomie.

dass eine Drüsenzelle die Oeffnung bedecke, ist bald widerlegt worden und war insofern ein Rückschritt, da Sprengel, Moldenhawer, Treviranus u. a. schon gegen diese Behauptung aufgetreten waren. Robert Brown[1]) hatte ebenfalls noch behauptet, diese Gebilde seien Drüsen. Es kommen dann 1833 Unger[2]) (Poa nemoralis) und Hermann Kroker[3]) (Arrhenatherum avenaeum). 1838 veröffentlichte Hugo v. Mohl[4]) eine Arbeit über Entwicklung der stomata. Naegeli[5]) und Payen[6]) folgten darauf. In der bot. Zeitung 1848 stellt Goldmann[7]) die Resultate seiner Untersuchungen zusammen, wobei er behauptet in einer Spezialmutterzelle acht Tochterzellen gesehen zu haben, von denen die beiden inneren die Spalte bildeten. Schon aus der Beschreibung ersieht man, dass er die Verdickungen der Schliesszellen, die durch das Einschnüren derselben mehr hervortreten als Zellen, jede für sich angesehen hat. Ausser diesen Arbeiten sind noch mehr veröffentlicht worden, von denen ich an dieser Stelle nur kurz anführe: Schleiden, Schlacht, v. Mohl, Mirbel, Morren. Die Arbeit des letztern ist in Uebersetzung und dem Hauptinhalte nach 1864 veröffentlich worden von Prof. von Schlechtendal[8]). Dann sind noch zu erwähnen Dr. Czech[9]) mit seiner doppelten Abhandlung, Weiss[10]), Strassbur-

---

1) Hugo v. Mohl: Vermischte Schriften XVII.

2) Die Exantheme d. Pfl.

3) De plantarum epidermide observationes. Vratislaviae.

4) Ueber Entwicklung der Spaltöffnungen. Linnaea 1838.

5) Entwicklung der stomata. Linnaea 1842.

6) Mémoires présentés à l'Academie des sciences divers . . . . . Tom. VIII—IX 1843.

7) Bot. Zeit. 1848. Fig. 10.

8) Bot. Zeit. 1864. Nro. 12.

9) Ueber die Zahlenverhältnisse und Verbreitung der stomata Bot. Zeit. 1865.

10) 1869 ebendaselbst von demselben über den Einfluss des Lichtes auf das Oeffnen und Schliessen d. stom.

ger[1]) und die zuletzt erschienene sehr instructive Abhandlung von Dr. Pfitzer[2]). Die andern Werke, die noch zu erwähnen sind, werden im Laufe der Arbeit citirt werden, so wie die verschiedenen Ansichten derselben.

Vorkommen der stomata.

Es ist beachtungswerth zu sehen, wie ungemein zahlreich die Spaltöffnungen im Pflanzenreiche vertreten sind. Man kann fast behaupten nach den verschiedensten Untersuchungen, dass alle die Pflanzen, die eine wirkliche Epidermis besitzen, auch stomata haben. Allerdings ist die Regel nicht ohne Ausnahme, da z. B. die Pflanzen, die ganz im Wasser untergetaucht sind, keine stomata besitzen wie etwa: Isoëtes lacustris[3]); dagegen die schwimmenden Pflanzen, die also mit einer Seite mit der Luft in Verbindung stehen, besitzen auf dieser Spaltöffnungen. Ich habe solche gefunden an der Oberseite der Blätter von Nuphar luteum und Nymphea alba. Auf der Unterseite der Blätter, so wie an dem Stengel der ebenfalls im Wasser untergetaucht ist, fand ich keine. Ich hatte geglaubt einige am Kelche der N. alba zu finden, doch waren keine vorhanden. Dass die stomata nicht an der Unterseite vorkommen bei den schwimmenden Pflanzen, liegt begründet in dem Zwecke, den die stomata haben, nämlich die Communication der Atmosphäre mit dem Innern der Pflanze zu vermitteln. Einige Pflanzen, die ich untersuchte wie z. B. Acorus calamus, Phragmites communis hatten an den Theilen, die unter Wasser standen, keine stomata, dagegen oberhalb der Wasserfläche fanden sie sich. Dieses Resultat erhielt ich bei vielen Untersuchungen.

---

1) a. a. O.

2) Ein Beitrag zur Entwicklung der Spaltöffnungen. Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. V.

2) Schacht. Anat. d. Pf. I.

Bei mehreren Phragmites, die ich aus einem andern Weiher nahm, fand ich stomata an allen Theilen, auch an denen, die unter Wasser standen; zwar bedeutend weniger als an den Theilen, die ober Wasser standen. An den Theilen unter Wasser fanden sich Kurzzellen. Da die Pflanzen ziemlich tief im Wasser standen, so überraschte mich dies. Ich erfuhr aber, dass das Wasser früher nicht so hoch gestanden habe. Ich erklärte mir die Sache daher so. Phragmites communis ist eine perennirende Pflanze; sie hatte nun früher auf allen Theilen stomata entwickelt und die Anlage dazu liegt in der Wurzel, daher sind sie auch jetzt noch an den Theilen vorhanden, die unter Wasser stehen, wenn auch schon spärlicher als an den andern Theilen. Weiss hat nachgewiesen, dass z. B. Pflanzen im Dunkeln aus Samen gezogen auch stomata entwickeln und zwar fast in der gleichen Anzahl, wie die von demselben Samen gezogenen Pflanzen im Lichte. Wenn nun auch die stomata nicht allein für die Aufnahme des Lichtes da sind, so hätte man doch erwarten dürfen, dass die Zahl geringer geworden wäre; ich glaube daher, dass auch hier die Anlage dazu im Samen begründet liegt. Als Charakter einer Gattung oder Familie kann man die stomata nicht betrachten, da z. B. Isoëtes hystrix und durieni (auf Haiden) wieder stomata haben. Auffallend bleibt es dagegen, dass Landpflanzen wie Epipogium gmelini, Monotropa hypopitys u. a. keine stomata haben[1]). Es kann möglich sein, dass doch noch bei einigen von diesen Ausnahmen die stomata entdeckt werden. So hatte Rudolphi behauptet, das Cineraria maritima, Cistus ladaniferus, Stachys lanata u. a. auch keine stomata hätten. H. Krocker[2]) wiess aber bei C. maritima dennoch stomata nach, und Dr. Czech[3]) fand sie bei Cistus ladaniferus. Ich

1) Schacht. a. a. O.

2) a. a. O.

3) Bot. Zeitung 1865. Nro. 13.

habe St. lanata mehrfach untersucht, habe aber in der That keine stomata gefunden; dass sie hier vielleicht wirklich fehlen, mag wohl in der ungemein grossen Anzahl von Haaren liegen, die hier die Stelle der stomata wohl vertreten. Weiss[1]) fand stomata bei Najas und Potamogeton, die ebenfalls keine haben sollten. Mehr Lücken als regelrechte stomata haben Marchantia und Salvinia, die ohne eigentliche Porenzellen vorkommen[2]). Bei Stelis und Pleurothallis sind sie mehr Grübchen[3]). Sie kommen dagegen wieder vor an nicht grünen Theilen, wo sie Unger nicht vermuthete. Dr. Czech fand sie bei Orobanche rubens[4]). Rudolphi fand sie ebenfalls an nicht grünen Theilen. Sie werden endlich gefunden bis zu den unterirdischen Theilen zu und an den Samen in Kapseln, wo sie Th. Hartig und Dr. Czech fanden. Dass Schleiden[5]) sie an den Luftwurzeln von tropischen Pflanzen z. B. an Orchideen fand, ist somit nicht auffallend mehr. Selbst an den Früchten lassen sich stomata auffinden.

Aus allen diesen Notizen sehen wir die ungemeine Verbreitung der stomata.

Ich gehe nun zu den Carices selbst über und gebe erst eine Schilderung der Blätter derselben, da die Construction derselben auf Lagerung, Vertheilung und selbst Bildung von Einfluss ist.

Die Blätter der Carices.

Sie sind im Allgemeinen alle sehr schmal und linealisch, einige fadenförmig. Das breiteste Blatt, das die

1) Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1865.

2) Sachs. Lehrbuch.

3) Meyen: Archiv f. Naturgesch. 1837 I. Schleiden. Grundzüge. Fig. 75.

4) a. a. O.

5) a. a. O.

C. maxima hat, ist noch nicht von der Breite eines Blattes von Hyacinthus orientalis. Da aber dennoch die Anzahl der Spaltöffnungen ziemlich gross ist, wie das unten gezeigt wird, so ist ihre Analysirung oft wegen der geringen Grösse mit Schwierigkeit verbunden.

Die Blätter sind alle ohne Ausnahme von Rippen durchzogen, die der Längsrichtung nach liegen, wie dies ja der Charakter der Monocotyledonen ist. Ober- und Unterseite sind oft wenig unterschieden, oft aber stärker cuticularisirt. Viele Blätter haben starke Scheiden, die aber viel weniger gerippt sind. Auch der Stengel zeigt die Rippen, hier oft sehr dicht nebeneinander, was auf Bildung und Lagerung von Einfluss ist. Von beiden Seiten nach rechts und links fallen die Rippen ab, und es zeigen sich die Reihen der Epidermiszellen, oft von strenger Regelmässigkeit. Die Reihen, die den Rippen am nächsten liegen, haben etwas gewölbte Wände, dann treten die mehr regelmässigen Zellen auf, die oft eine starke Cuticula haben wie z. B. C. glauca, maxima, paniculata u. a.

Sind die Furchen stark von Epidermiszellen-Reihen besetzt, so sind dieselben auch stets weniger regelmässig, was von dem Drucke herrühren mag, den dieselben aufeinander ausüben. Ist die Anzahl geringer, so treten sie fast immer in grosser Regelmässigkeit auf. Alles dieses gilt auch in Bezug auf die Stengel. Bei einigen sind die Ränder noch mit Zähnen und die Flächen mit Haaren besetzt; letztere aber immer spärlich. Ich habe welche gefunden bei C. montana, microstyla.

Die Lagerung der stomata.

Es wurde schon oben gesagt, dass die stomata sich sehr verbreitet finden auf den einzelnen Theilen der Pflanzen. Grade nicht so zahlreich vertheilt finden wir sie bei den Carices. Ihre Lagerung ist sehr verschieden. Sie haben

das aber mit andern Pflanzen gemein. A. v. Humbold spricht hierüber schon in seiner Vorrede zu Ingenhous's Ernährung der Pflanzen.

So habe ich z. B. keine stomata gefunden an den Spelzen von verschiedenen Carices: C. microstyla, curvula, sylvatica und teretiuscula. Pfitzer[1]) hat zwar solche an den Spelzen von Gräsern gefunden. An den Hüllblättchen dagegen, sowie an den oft sehr dünnen Stielchen der Aehren habe ich Spaltöffnungen gefunden. Hier finden wir auch den Einfluss der Rippen. Die Stielchen haben oft sehr dicht neben einander liegende Rippen und die stomata erscheinen daher sehr in die Länge gezogen, wogegen sie auf den Blättern derselben Carex, wie z. B. sylvatica, fast kugelich sind. Erstere Erscheinung wurde wahrgenommen bei C. sylvatica und divulsa u. a. Dasselbe finden wir sehr oft an den Stengeln. So sind die stomata länger gestreckt bei den Stengeln von C. vulpina, pilulifera. Pfitzer[2]) schreibt dies der Massenzunahme des Innengewebes zu und Weiss[3]) dem Vorwiegen des Längswachsthums.

An den Scheiden kommen sie nicht immer vor. An einigen Scheiden kommen sie vor, doch so unregelmässig, dass eine Berechnung auf eine bestimmte Fläche wohl etwas willkürlich wäre, so z. B. bei C. divulsa. Bei C. nigra vom Säntis fand ich keine, ebenso bei vesicaria und sempervirens. Oft zwar kommen sie oben an der Spitze vor. Die Fälle, wo sie gefunden wurden und wo eine Berechnung zulässig war, werden in der Tabelle über die Zahlen der stomata angegeben. Was nun die Blätter selbst betrifft, so habe ich keine einzige Carex gefunden, die keine stomata hätte. Bei glauca und maxima könnte man auf den ersten Anblick

1) a. a. O. S. 552.

2) a. a. O. S. 546.

3) Ein Beitrag zur Kenntniss der Spaltöffnungen. Verhandl. der zool. bot. Gesellsch. in Wien 1857. Bd. VII.

zwar vermuthen, es seien hier keine stomata vorhanden. Woher dies kommt, wird unten angegeben werden. Sie treten hier nur bei bestimmten Einstellungen des Mikroscops zu Tage.

Die Spaltöffnungen liegen gemäss dem Charakter der Monocotyledonen stets parallel mit der Längsaxe. Höchst selten fand ich hiervon eine Ausnahme; eine querliegende Spaltöffnung fand ich bei pilulifera, teretiuscula und pallescens.

Hildebrand[1]) gibt auch einige Fälle, bei seiner Untersuchung über die Spaltöffnungen der Coniferen, an, wo die stomata nicht genau in der Längsrichtung liegen, z. B. Dammaro australis, Salisburia adiantifolia. Kommen sie nicht in der Längsrichtung vor, dann sind auch die Epidermiszellen sehr zahlreich und etwas verschoben. Die Ursache wird in dem Drucke der wachsenden Epidermiszellen liegen.

Auf den Rippen liegen die stomata bei den Carices nie, wie dies auch Pfitzer[2]) bei den Gräsern gefunden hat. Bei Galanthus nivalis fand ich auf der starken Mittelrippe stomata liegen. Die Erklärung hierfür ist aber die. Die Rippe liegt nicht fest an der Oberseite, besser Oberfläche und dann zerfällt die starke Rippe in viele schmale, zwischen denen dann die stomata liegen und somit liegen sie strenge genommen doch nicht auf der Rippe selbst. In den zwei Reihen, die den Rippen zunächst liegen, ich meine die der Epidermiszellen, kommen sie im Allgemeinen nicht vor. Doch gibt es Ausnahmen, wenn auch wenige. In den Reihen zwischen den Rippen, also in den Furchen, liegen nun die stomata in den verschiedensten Modificationen. Einmal liegen sie nur in zwei Reihen, die durch 5—6 Reihen leerer Zellen getrennt sind; in diesem Falle liegen sie in fast

1) Bot. Zeit. 1860 Nro. 17.
2) a. a. O.

strenger Regelmässigkeit und in bestimmten Intervallen hintereinander. Sie liegen also in einer Längsreihe. Hier ist dann beinahe immer die auffallende Erscheinung, dass, nachdem in einer Reihe 5, 6 stomata aufeinander folgten, die 6. oder 7. Spaltöffnung plötzlich in die Nebenreihe überspringt, um hier ebenfalls nach 5 bis 6 Bildungen in die erste Reihe zurückzuspringen. Dies wiederholt sich continuirlich. Dann können 2 mal 2 Reihen auftreten, alle auch noch sehr regelmässig. Die folgende Art ist dann, dass zwischen diesen je zwei Reihen noch einzelne stomata auftreten und hiermit ist der Uebergang zur letzten Art gebildet, nämlich die stomata auftretend ohne bestimmte Anordnungen. Immer aber, wo wenige sind, sind sie sehr normal gebaut. Ein einziger Fall wurde bei C. montana beobachtet, wo die stomata nur je in einer Reihe zwischen den Rippen vorkamen.

Sind sehr viele stomata zwischen den Rippen, dann sind auch die Epidermiszellen kleiner und viel zahlreicher, oft sehr contrahirt. Die Anzahl der stomata auf ein bestimmtes Maass lässt fast durchweg auf die Art und Weise der Lagerung schliessen.

Die Entstehung der stomata.

Ueber die eigentliche Entwicklung der Spaltöffnungen sind verhältnissmässig wenige Untersuchungen angestellt worden. Dazu kommt, dass nicht alle Untersuchungen sehr fördernd waren. Rudolphi[1]) hatte schon bemerkt, dass die Untersuchungen an den noch eingewickelten Grasblättern zu unternehmen seien, also sehr früh. Goldmann[2]) gibt, ich glaube an Linum usitatissimum, an, dass in einer Spezial-

1) a. a. O.
2) a. a. O.

mutterzelle sich durch Theilung 8 Zellen bildeten. Pfitzer nennt diese Zellen sehr sarkastisch „imaginaire“.

Irrthum war es allerdings von Goldmann aber ebensogut wie eine Spezialzelle drei Zellen entwickeln kann, könnte sie doch auch 8 entwickeln. Ein Beweis, dass dies unmöglich sei, wäre wohl schwer anzutreten. Gümpel glaubt dann, dass aus einer vorhandenen mittlern Zelle die Nebenzellen entständen, und dass dann oben und unten noch ein Paar Zellen entständen. Eine genaue Betrachtung widerlegt aber auch diese Ansicht. Dann hat H. v. Mohl[1]) eine genaue Beschreibung von Entwicklung der stomata von Hyacinthus orientalis gegeben. Er glaubt, (Seite 258) dass die Umwandlung des Inhaltes der Spaltöffnungszelle damit beginne, dass der nucleus durch Theilung in zwei nebeneinanderliegende Kerne zerfalle.

Ich komme darauf noch zurück. Naegeli[2]) glaubt dagegen, dass der nucleus der Mutterzelle resorbirt werde und sich nun später zwei neue Kerne bildeten. Eine kleine, dreikantige Leiste zwischen den zwei in der Mutterzelle entstandenen Tochterzellen soll den Intercellulargang zwischen denselben herstellen. Dann haben Strassburger[3]) und Pfitzer[4]) in den schon mehrmals angeführten Abhandlungen eine längere Beschreibung über die Entwicklung der stomata bei den Gräsern gegeben. Ich werde, da die Entwicklung der stomata der Gräser viele Aehnlichkeit mit der der Carices hat, noch öfter auf die erstern zurückkommen, zumal wenn sich Unterschiede darbieten.

Wie Strassburger es schon bei seinen Untersuchungen als Gesetz hingestellt hatte, und Pfitzer es bei der Bildung der stomata der Gräser betätigt fand, dass sich nämlich an

1) a. a. O. Vermischte Schriften.
2) Linnaea 1842.
3) Prings. Jahrb. f. wiss Bot. V.
4) a. a. O.

der Vorderseite nach oben hin genommen immer die Spezialmutterzelle von der grösser bleibenden Epidermiszelle durch eine Querwand abtheile, so ist es auch bei den Carices. Die Entwicklung wurde an einem jungen, noch eingewickelten Blatte einer C. praecox und einer C. paludosa beobachtet. Diese Beobachtung ist aber massgebend für die Carices überhaupt, da mehrere andere Carices nebenbei beobachtet wurden.

Es theilen sich also an den jungen Epidermiszellen durch eine Querwand Zellen ab, die kleiner sind ihrer Länge nach, als die übrigbleibende Epidermiszelle cf. Fig. 7. In den Reihen rechts und links liegen die mit E bezeichneten Epidermiszellen; zwischen diesen beiden Reihen liegen die Epidermiszellen, die schon quer getheilt sind. Die Spezialmutterzelle, die Mutterzelle der Thürhüterzellen, die immer mit t bezeichnet werden, ist überall mit m bezeichnet. [1]) Sobald aber die Quertheilung die neue Zelle geschaffen hat, werden durch eine neue Theilung parallel den Wänden der Epidermiszellwand die beiden Zellen angelegt, die Pfitzer [2]) bei den Gräsern Nebenzellen nennt, und welche Bezeichnung ich beibehalten habe. Sie werden stets mit n bezeichnet sein. Wir sehen also schon sehr früh die Nebenzellen angelegt und hierin mag der Grund eines Unterschiedes liegen zwischen der Lage der Nebenzellen bei den Gräsern und den Carices. Denn vergleicht man die zur Orientirung beigegebene Ansicht von Spaltöffnungen einer Poa trivialis cf. Fig. I. mit der von den Carices Fig. 3, 4, 12 bis 16, so finden wir bei dem Grase Poa trivialis die Nebenzellen n. n. unter den Epidermiszellwänden hinweggehen; sie liegen also tiefer als die Epidermiswand. Dies ist nun bei den Carices nicht der Fall; noch deutlicher wird

1) Alle diese Bezeichnungen werden immer dieselben bleiben, so auch die noch Folgenden.

2) a. a. O.

dies durch die beigefügten Querschnitte. Fig. 2 P. trivialis und Fig. 5, 6. C. paludosa. Die Nebenzellen der Carices ordnen sich in ihrer Lage mit den Epidermiszellen, was durch ihre sehr frühe Anlage gefördert wird. Bei einer Zeichnung von Allium, die, wenn ich nicht irre, Unger in seiner Anatomie d. Pf. hat, geht die Zellwand der Epidermiszelle auch über die Zellen der Spaltöffnung herüber. Dass die Entwicklung nicht gleichzeitig erfolgt, sehen wir an Fig. 7, wo eine Zelle schon die beiden Nebenzellen angelegt hat, die andere nur erst eine, und die übrigen noch keine. Die Entwicklung schreitet nun fort in den Nebenzellen. In Fig. 8 sind die obersten Nebenzellen schon weiter entwickelt, die andern ebenfalls vorhanden und doch auch noch eine Mutterzelle ganz zurück in der Entwicklung. Auf diese Erscheinung werde ich noch zurückkommen. Wir können jetzt schon sehen, dass die Spaltöffnungszellen stets zwischen 4 Zellen, Grenzzellen liegen. Dass eine Spaltöffnungszelle zwischen 5 und 6 Grenzzellen läge, wäre eine Abnormität, die aber scheinbar vorkommt. Hierüber später. Die Entwicklung geht nun weiter, die Zellen verstärken sich. Fig. 9. Daselbst sind die Grenzen der einzeln Zellen mitgezeichnet. Nun aber fängt die Mutterzelle an in die Breite zu wachsen und es wird die 3. Theilung vorbereitet. Es zeigt sich als erstes Stadium der Zellkern in der Mitte der Mutterzelle cf. Fig. 10. Als zweites Stadium sehen wir gleich darüber am selben Präparat schon einen doppelten Zellkern. Ob nun die Ansicht von Naegeli oder die von H. v. Mohl hier anzunehmen ist? Ich glaube beinahe, dass der Zellkern sich wirklich theilt, ohne erst resorbirt zu werden. Doch will ich hierüber ein bestimmtes Urtheil nicht abgeben. Die Sache ist ja an und für sich nicht so sehr wichtig.

Gleich unter der Mutterzelle mit einem Zellkern liegt eine Mutterzelle, in der die Zellwand schon sichtbar ist.

Fig. 10. Eine schon mehr vollständige Theilung zeigt Fig. 11 in den dort dargestellten drei Spaltöffnungszellen. Hier sind die Schliess- oder Thürhüterzellen t. t. schon vollständig angelegt. Ein Querschnitt durch ein solches junges Blatt zeigt dann auch, dass die Spalte sich von innen und von aussen her bildet. Dasselbe ist von H. v. Mohl[1]), Strassburger[2]), Pfitzer[3]) und Hofmeister[4]) beobachtet worden. Schreitet die Entwicklung noch etwas weiter vor, und macht man dann einen Querschnitt, so sieht man, dass die Athemhöhle schon angelegt resp. ausgebildet ist. Pfitzer[5]) stellt diese frühe Anlage der Athemhöhle als ein Gesetz auf. Sachs[6]) stellt dies durch seine Zeichnung dar von Hyacinthus orientalis.

Bis jetzt sind die Spaltöffnungs-Mutterzellen beinahe viereckig und sie werden nun durch das Wachsthum des Blattes, und durch das damit verbundene Wachsthum der Epidermiszellen mehr in die Länge gezogen. Dadurch verlieren sie ihre eckige Gestalt immer mehr und beginnen sich abzurunden cf. Fig. 12. Dies dauert einige Zeit; die Wände der Epidermiszellen werden unregelmässig gekerbt, in die Buchten greifen die Wände der Nebenzellen genau ein, wie die Zacken zweier Räder in einander gehen. Hieraus ersieht man, dass die Wände der Nebenzellen sich ordnen nach den Wänden der Epidermis. Fig. 13. zeigt nun, wie die Spaltöffnungszellen sich mehr abrunden und zugleich auch in die Länge gezogen werden. Zugleich aber öffnet sich nun die Spalte, indem die Schliesszellen t. t. schon mehr auseinander treten. Es wird aber die Lamelle nicht vollständig gespalten, sondern sie hängt oben und unten zu-

---

1) a. a. O. Vermischte Schriften.
2) a. a. O.
3) a. a. O.
4) Physiol. Bot. I.
5) a. a. O. S. 543.
6) Lehrbuch d. Botanik. S. 71.

sammen. cf. Fig. 13, 14, 15. Sachs[1]) zeigt dies auch bei Hyacinthus orientalis. Es treten nun auch schon Nebenzellen mit Chlorophyll auf, doch sind nicht alle gefüllt. Die Thürhüterzellen treten immer mehr auseinander, und der so entstehende Raum füllt sich schon mit Luft. Nach meiner Ansicht würde man das nicht so gut bemerken können, wenn nicht die Athemhöhle schon vorhanden wäre. cf. Fig. 14. Noch weiter zeigen sich die Spalten bei Fig. 15. Ich muss hier erwähnen für etwaige ähnliche Untersuchungen, dass bis hierhin alle Erscheinungen an dem kleinen noch versteckten Blatte zu sehen waren. Fig. 16 und 17 zeigen zur Vergleichung stomata derselben Carex, aber älter. Die Schliesszellen sind geschlossen. Fig. 16 ist ein Längsschnitt, Fig. 17 Querschnitt desselben Blattes.

Die Schliess- und Nebenzellen besonders betrachtet.

Die Spaltöffnungen der Caricos werden also gebildet von den Nebenzellen und den Schliess- oder Thürhüterzellen. Wir sehen die Nebenzellen sich schon sehr frühe entwickeln. Hierin liegt ein Unterschied in Bezug auf die Gräser, da dort die Zellen etwas später entwickelt werden[2]). Was auf die Lage Bedeutung hat, ist schon eben erwähnt worden. Die Gestalt der Nebenzellen ist sehr verschieden. Bald sind sie fast dreieckig, bald mehr länglich bis zur Nierenform. cf. Fig. 3, 4, 5, 6 und 16. Es kommen auch, wenn zwar selten, Missbildungen vor. cf. Fig. 26. Immer finden die Wände der stomata d. h. der Nebenzellen ihren Abschluss an den Wänden der Epidermiszellwand. Ich fand hiervon nur eine einzige Ausnahme bei C. nigra, wo die Nebenzellen eines stoma unter den Wänden der Epidermiszellwand hinweggingen. In der Jugend liegen sie in gleicher Ebene

1) Lehrbuch der Botanik. Fig. 73.

2) Pfitzer a. a. O.

mit den Epidermiszellen. Dagegen liegen sie im Alter etwas unter dem Nievau derselben; doch dies scheint mir von der im Alter eintretenden Cuticularisirung der obern Zellwand herzurühren. Zieht man sehr vorsichtig die Epidermishaut ab, so bleiben die Nebenzellen zurück und man hat nur die Schliesszellen, deren Form dann sehr deutlich zu sehen ist. cf. Fig. 25. Bei allen Pflanzen ist die Erscheinung nicht dieselbe. Unger[1]) berichtet, dass sie bei Grevillea oleoides, Persoonia myxtilloides u. a. höher als die Epidermis liegen. Bei Protea melaleuca, Hakea, Cycas u. a. sind sie eingesenkt in die Epidermis. Bei allen Coniferen, die Hildebrand[2]) untersuchte, lagen die Schliesszellen tiefer als die Oberfläche der Epidermis. Stellt man das Mikroscop hoch ein, so sieht man zuerst die Erscheinung, wie sie Fig. 3 zeigt. Unter den Nebenzellen n. n. schimmern die Schliesszellen t. t. schon durch; stellt man das Mikroscop tiefer ein, so treten die Schliesszellen klarer hervor. Fig. 4. Die punktirten Linien in t. t. deuten die innere Zellwand der Nebenzellen n. n. an. Je nach dem Einstellen treten durch die Grenzen der Zellen n. n. und t. t. die verschiedenen Schattirungen auf, die man sieht.

Dass die Einstellung verschiedene Erscheinungen zeigen kann, sieht man aus Fig. 5 u. 6. Die Nebenzellen umschliessen die Schliesszellen t. t. von oben nach unten, und je nach der Einstellung tritt ein anderes Bild zu Tage.

Betrachten wir nun die Schliesszellen in ihren fortlaufenden Bildungen, so finden wir sie anders in der Jugend, anders im Alter. In der Jugend sind sie langgestreckte Rechtecke, und nachdem sie ihre obern Seiten abgerundet haben, fangen sie an, sich in der Mitte zu verdünnen. cf. Fig. 10—16, Fig. 3 u. 4. Erstere zeigen die stomata eines

1) Physiol. d. Pflanzen.
2) Bot. Zeit. 1860 Nro. 17.

jungen Blattes, die letztern die eines ältern Blattes. Pfitzer [1]) hat diese Erscheinung auch an den Gräsern wahrgenommen und Messungen angestellt. Dasselbe ist bei Amaryllis von Anton Krocker, bei H. orientalis von v. Mohl beobachtet worden. Payen behauptete, dass eine solche Veränderung bei den Gräsern nicht existire, was aber Pfitzer durch seine Beobachtungen bei Zea Mays und andern Pflanzen widerlegt hat. Es ist damit eine Veränderung der Spalte verbunden. Nachdem sie sich gebildet hat, tritt sie fast kreisförmig auseinander, dann aber wird sie immer länger und schmäler, bis sie vollständig schmal geworden ist cf. Fig. 12 bis 15, dann Fig. 16, 3 und 4. Fig. 25, 26: Wie diese Veränderungen vor sich gehen, hat Pfitzer [2]) sehr genau erörtert, und da im Wesentlichen die Erscheinungen bei den Carices denen der Gräser gleich sind, so übergehe ich dies, da es doch nur ein Copie derselben werden würde. Ich begnüge mich deshalb damit anzudeuten, dass die Gründe, die Pfitzer dort angibt, bei den Carices auch obwalten.

Verschiedene Bildungen, welche die stomata zeigen.

In der schon öfter erwähnten Abhandlung über die Spaltöffnungen der Coniferen von Hildebrand führt derselbe auch eine Erscheinung an, die durch Ueberwucherung der Epidermis über die Spaltöffnungen verursacht wird, und wovon Pfitzer [3]) in Bezug auf die Gräser eine Fig. 21, Taf. XXXVI gibt. Diese Ueberwucherungen und die dadurch entstehende Wallbildung, die sich über die stomata wölbt, findet sich auch bei den Carices, wenn auch nicht bei allen. Ich habe sie gefunden und beobachtet bei C. paniculata, glauca und maxima u. a. Eine Darstellung derselben an

1) a. a. O. S. 537. Fig. 1—11. Taf. XXXVI.
2) a. a. O. 539.
3) a. a. O.

C. glauca und paniculata möge genügen. Ich halte es für zweckmässig, sogleich eine Beschreibung des Thatbestandes zu geben, wie er sich in C. paniculata und glauca zeigt. Fig. 18 zeigt die Epidermis und Spaltöffnungen einer C. paniculata. Die mit E bezeichneten Räume sind die obern Wände der Epidermiszellen, die sehr stark cuticularisirt sind. Es sind Wucherungen der obern Zellwand, der cuticula, die den Eingang zu den Lufträumen zwischen den Schliesszellen wallförmig einengen. Die schwarzen Flecken zeigen Conturen dieser Lufträume. Die Wälle greifen oft sehr weit übereinander, was in Fig. 18a dargestellt ist. Die schwächern Linien zeigen die Grenzen des untern Walles. Fast jedes stoma zeigt andere Conturen, wie Fig. 18 und 19 zeigen. Die eigentlichen Schliesszellen liegen sehr tief unter dem Wall von Fig. 19, so dass man dieselben auf ein und derselben Figur nicht anbringen kann. Stellt man das Mikroscop so ein, dass man die Conturen (Fig. 19) sieht, so treten die Schliesszellen, die in Fig. 20 dargestellt sind, noch nicht zu Tage. Sieht man dagegen, durch Tieferstellen des Mikroscops die Schliesszellen, so sind die Conturen nicht mehr sichtbar. cf. Fig. 20. Wie die einzeln Gebilde: Epidermiszelle, Cuticula, Neben- und Schliesszellen zu einander stehen in ihrer gegenseitigen Lage, macht die Fig. 21 hinlänglich deutlich. Der neu eingeführte Buchstabe c bedeutet die obere Zellwand (cuticula) und c, den eigentlichen Wall selbst. c. in Fig. 3 stellt drei Wälle dar, die aber nur Wucherungen der cuticula sind. Sie erweisen sich unter dem Mikroscop stärker lichtbrechend, als die Cuticula selbst. Fig. 22 stellt ebenfalls einen Querschnitt durch eine Spaltöffnung dar, die Buchstaben bezeichnen dasselbe wie in Fig. 21. Der Wall c, ist hier aber etwas anders, er ist mehr ringförmig. Betrachtet man den Eingang zum stoma, so sehen wir, dass derselbe trichterförmig ist, da der mittlere Theil von c, tiefer liegt als die Seitenflügel. Strenge genommen,

liegen die Schliesszellen in derselben Ebene mit den Epidermiszellen cf. Fig. 21, 22, nur die cuticula liegt höher, und sie erscheinen daher eingesenkt. Viel Aehnlichkeit findet sich bei der von Hildebrand[1]) abgebildeten Thuja plicata, doch strebt dort die Cuticula noch höher. Mehr ähnlich finde ich diese mit der Erscheinung, wie sie C. glauca zeigt cf. Fig. 23.

Macht man hier einen Längsschnitt, so findet man eine grosse Anzahl stark lichtbrechender Ringe von dieser Form

wo der Kreisring sehr stark lichtbrechend, der innere Raum aber dunkel ist. Hier sucht man oft lange vergebens nach stomata, doch sind sie vorhanden und ganz regelrecht. Fig. 23 zeigt einen Querschnitt durch das Objekt, das die Ringe bewirkt. Hier sieht man nun deutlich, dass die beiden Epidermiszellen E. die Nachbarn bedeutend an Höhe übertreffen. Blickt man von oben herab, so verursachen die Wände dieser Zellen den Anblick des Kreises, und da die Wände dieser Zellen dicker und höher sind, als die übrigen, so sind sie auch stärker lichtbrechend; daher die hellen i. e. stärker lichtbrechenden Ringe. Doch es scheint mir, als ob nicht allein die Wucherung der Cuticula die Erscheinung hervorbringt, sondern dass die starke Ueberneigung der beiden Epidermiszellen diese noch verstärke. Ich halte die in Fig. 24 mit E. bezeichneten Zellen für identisch mit jenen.

Was nun die C. maxima anbetrifft, so bietet sie im Grossen und Ganzen dieselbe Erscheinung wie C. glauca und halte ich es desshalb für überflüssig von derselben noch Zeichnungen und Beschreibung beizufügen.

---

1) a. a. O.

Kurzzellen und Zwillingsspaltöffnungen.

Schon sehr früh sind die erstern beobachtet worden. Treviranus[1]) hat sie bei Bambusa arundinacea gefunden und Meyen[2]) gibt die Beschreibung einer solchen bei Saccharum officinarum an. Hermann Krocker fand sie bei den Gräsern, Unger bei Poa nemoralis; Pfitzer in seiner vielseitigen Abhandlung spricht ebenfalls von denselben. Er vermuthet, dass die Kurzzellen nichts anderes sind, als angelegte Spezialmutterzellen, die in ihrer Entwicklung zurückgeblieben sind. Nach meinen Beobachtungen scheint mir diese Erklärung durchaus zutreffend zu sein.

Betrachten wir nämlich Fig. 7 und 8, so sehen wir in Fig. 7 ausser den Zellen, in denen die Nebenzellen schon angelegt sind, auch eine Mutterzelle, in der noch keine Theilung wahrzunehmen ist. Noch mehr auffallend wird dies in Fig. 8, wo alle andern Mutterzellen schon die Nebenzellen zeigen, eine aber, mit m bezeichnet, zeigt davon noch keine Spur. Geht man so weiter, so findet man hin und wieder solche Ausnahmen, und so glaube ich sicher, dass obige Erklärung zutreffend ist. Pfitzer spricht zwar hierüber nicht weitläufiger; er wird aber bei der Beobachtung der Gräser dasselbe gefunden haben.

Ich habe Kurzzellen beobachtet bei: C. paludosa, vulpina, sylvatica, acuta, pilosa, firma, ferruginea, nigra, pilulifera, sempervirens u. a. Bei C. divulsa, ornithopoda, paniculata, maxima u. a. fand ich keine.

Man kann es als ein Gesetz betrachten, dass die Spaltöffnungszellen stets nur von 4 Zellen (Epidermiszellen) umgeben sind, und dass die, welche mehr Grenzzellen haben in der Jugend, nicht zu stomata entwickelt werden. So

---

1) Vermischte Schriften II. Taf. I.

2) Phytotomie Taf. III.

fand ich z. B. bei C. pilosa u. a. Kurzzellen, die von 5 und 6 Zellen begrenzt waren, was für das Gesetz spricht. Ob dies Gesetz schon ausgesprochen worden ist, kann ich nicht sagen, gefunden habe ich es nicht in der Litteratur. Ich sagte schon oben, dass hier scheinbare Abweichungen vorkämen, aber doch nur scheinbare. So fand ich bei C. sylvatica ein stoma, das von 5 Grenzzellen umgeben war. Bei mehreren anderen Carices fand ich dasselbe. Stets aber war eine dieser 5 Zellen eine Kurzzelle, die aber nicht als echte Epidermiszelle zu betrachten ist. Entwickelt wäre sie ja zur Spaltöffnung geworden, und somit waren die Grenzzellen immer auf 4 Epidermiszellen reducirt.

Zum Schluss möchte ich noch eine Erscheinung erwähnen, von der Gümpel schon spricht, und die Meyen ebenfalls anführt. Nämlich die Zwillingsspaltöffnungen. Pfitzer unterscheidet dieselben in vierfacher Weise. Die, welche ich bei C. vulpina, acuta und firma gefunden habe, möchte ich unter die Categorie des ersten Falles rechnen, der sagt, dass zwei ganz unabhängige Epidermiszellen die Mutterzellen neben einander abscheiden. In einem Falle waren die Nebenzellen ganz in einander verwachsen.

Die Zahl der Spaltöffnungen
auf ein Quadrat m. m. berechnet.

		Oberseite.	Unters.	Stengel.	Scheide.	Spelze.	Standort.
1.	C. paludosa L.	0.	102.	„	„	„	an Weihern.
2.	„ vesicaria L. (nicht zuverlässig)	0.	163.	„	„	„	an feuchten Stellen.
			$\frac{4}{100}$ mm.	$\frac{2}{100}$ mm.			
3.	„ ornithopoda W.	0.	56.	19.	15.	„	trocken auf Kalk.
4.	„ muricata L.	0.	108.	81.	„	„	an Wegen.
5.	„ montana L.	0.	69.	„	„	„	auf Bergen und Höhen.
6.	„ flava L.	0.	161.	„	„	„	an feuchten Stellen.
				$\frac{2}{100}$ mm.			
7.	„ ampullacea Good.	0.	265.	102.	„	„	in stehenden Gewässern.
8.	„ praecox Jacq.	0.	132.	„	„	„	an Abhängen und Haide.
			$\frac{2}{100}$ mm.				
9.	„ stricta Good.	0.	158.	„	„	„	(selten) an feuchten Stellen.
10.	„ digitata L.	0.	61.	„	„	„	an schatt. Orten in Gebüsch.
11.	„ teretiuscula Good.	0.	87.	„	„	„	auf Mooren.
12.	„ glauca Scop. variirt sehr, da ihr Standort wechselt von den sonnigsten Plätzen bis zum dichten Waldesdunkel und ebenfalls an sehr feuchten Stellen.						
12.	„ a) glauca	0.	254.	„	„	„	an Weihern.
12.	„ b) glauca	0.	105.	„	„	„	auf Sandsteinformationen.
13.	„ pallescens L.	0.	102.	„	„	„	an schatt. feuchten Orten.
				$\frac{2}{100}$ mm.			
14.	„ paradoxa Willd.	0.	244.	193.	„	„	an feuchten Stellen (Weiher).
			$\frac{3}{100}$ mm.	$\frac{2}{100}$			
15.	„ distans L.	0.	153.	112.	20.	„	an Quellen, Bächen.

	Oberseite.	Unters.	Stengel.	Scheide.	Spelze.	Standort.
16. C. paniculata L.	0.	168.	132.	0.	„	an Sümpfen.
17. „ sempervirens Vill.	0.	132.	„	„	„	auf Wiesen, nicht feucht.
		$\frac{3}{100}$ mm.	$\frac{4}{100}$ mm.			
18. „ pilulifera L.	0.	61.	20.	„	„	an sandigen Plätzen.
19. „ nigra All.	0.	143.	0.	„	„	in der Schweiz auf Bergen.
20. „ ferruginea Scop.	0.	162.	0.	„	„	aus Vorarlberg.
21. „ vulgaris Fr.	0.	147.	„	„	„	verschiedenste Stellen.
22. „ firma Hst.	0.	165.	„	„	„	aus Vorarlberg.
23. „ tomentosa L.	0.	66.	„	„	„	an lichten schattigen Orten.
24. „ divulsa Good.	0.	50.	(sehr wenig)			in Wäldern sehr schattig.
25. „ pilosa Scop.	0.	132.	„	„	„	an Ufern (vom Neckar) u. in Wäldern.
26. „ acuta L.	0.	367.	„	„	„	in Gräben u. steh. Wassern.
27. „ sylvatica Huds.	0.	76.	„	„	0.	an schatt. Orten u. in Wälder.
28. „ vulpina L.	0.	153.	106.	„	0.	an Gräben, feuchten Wiesen.
29. „ nemorosa Willd. (Spielart der 28. zeigt fast stets dieselbe Zahl.)					„	„ „
30. „ Pseudo-Cyperus L. (hat auf Ober- und Unterseite.)						
31. „ caespitosa L. „ „ „ „ „						
32. „ stellulata Good. „ „ „ (Scheide keine stom.)						
33. „ maxima Scop. (Oberseite keine, Unterseite hat stomata.)						

Bemerkung: Die bei einzeln Zahlen oben angegebenen Zahlen in mm. durch 100 getheilt, sind die Angaben in Bezug auf die Grösse der stomata selbst. Hier tritt also auch eine Variation zu Tage.

Die Berechnung stellte ich so an. Ich berechnete erst den Quadrat-Inhalt des Gesichtsfeldes, das mein Mikroscop hat. Eine weitere Rechnung gab mir dann das Verhältniss meines Gesichtsfeldes zu einem Quadrat-Millimeter an, wonach ich dann die gefundenen stomata berechnete.

Die Carices, die untersucht wurden, waren, um das Resultat allgemeiner zu machen, von den verschiedensten Orten. Von freundlicher Hand hatte ich solche erhalten: Vom Rheine, Schwaben, Eifel, Tyrol, Schweiz und aus der Mark.

Bei der Aufzählung ist keiner Ordnung Rechnung getragen, da, worauf es hauptsächlich ankam, der Standort genannt ist. Es geht aus den angegebenen Notizen aber zur Evidenz hervor, dass sich die Zahl der stomata topographisch ändert. Hierin liegt aber ein Beweis der Zweckmässigkeit in der Anordnung. Die Carices, die an feuchten Plätzen ihren Standort haben, besitzen eine grössere Menge stomata, als die Carices, die an trockenen Plätzen stehen. Warum aber das? Die stomata sind zu den verschiedensten Zwecken vorhanden. Ich übergehe eine weitere Discussion über dieses Thema. Die Pflanzen nehmen sowohl Stoffe aus der Atmosphäre auf, als wie sie auch solche auf dem Wege der Verdunstung wieder abgeben. Eine zu starke Abgabe von Feuchtigkeit müsste aber der Pflanze selbst schaden. Die Pflanzen nun, oder um bei den Carices zu bleiben, die Carices nun, die an feuchten Plätzen stehen, durch ihre locale Lage also mehr Feuchtigkeit aufnehmen, dürfen auch mehr abgeben. Dagegen die andern Carices, die an trockenern Orten wachsen, würden dies auf Kosten ihres Wachsthums thun und desshalb haben sie eben eine bedeutend geringere Anzahl von stomata.

Das Oeffnen und Schliessen der Spaltöffnungen.

Bald nachdem man die Spaltöffnungen an den Pflanzen entdeckt hatte, fand man auch, dass sie einer gewissen Bewegung unterworfen seien. Schon Hedwig (1793) hatte dies gefunden. Joseph Bank's[1]) sagt, dass die Spaltöff-

1) A short account of the causes of the discoses in cornet 1805.

nungen sich schliessen bei trocknem Wetter und sich öffnen bei feuchter Luft. Moldenhawer[1]) sagt dagegen, die stomata schliessen sich bei feuchtem Wetter und in feuchten Nächten, dagegen öffnen sie sich besonders Morgens, wenn die Sonne auf die vom Thaue schon abgetrockneten Blätter scheine. Amici[2]) sagt, die stomata sind offen bei trockenem Wetter, dagegen in der Nacht geschlossen. Schleiden[3]) glaubt, dass die Spaltöffnungen durch das Collabiren der Spaltöffnungszellen geschlossen würden.

H. v. Mohl[4]) stellte sehr geistreiche Untersuchungen mit Wasser und Zuckerwasser an und brachte es dahin ein Oeffnen und Schliessen selbst zu bewirken. Dr. Czech[5]) untersuchte nun: Camellia japonica, Weigelia rosea, Fritillaria imperialis und hauptsächlich, ausser mehrern andern Pflanzen, noch Hyacinthus orientalis. Er fand, dass die stomata sich im Lichte öffneten und im Dunkeln schlossen. Er zog aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass das Licht einen wesentlichen Einfluss auf das Oeffnen und Schliessen der stomata haben. Er stellt dann auch den Satz auf: „Die stomata haben den Zweck, das Licht besser in das Innere der Pflanze einzuführen, als wie es durch eine überall geschlossene Oberhaut möglich wäre“. Dieser Satz hat in sofern vieles für sich, als es schwer sein wird, das Gegentheil zu beweisen. Allerdings dürfte man dann aber auch glauben, dass die stomata im Lichte immer geöffnet wären, was aber nicht der Fall ist.

---

1) Beiträge zur Anat. der Pfl.

2) Osservazioni microscopiche sopra varie piante. Uebersetzt in den Anal. des sciences natur. 1824.

3) a. a. O.

4) Bot. Zeit. 1856. Welche Ursachen bewirken die Erweiterungen und Verengungen der stomata.

5) Bot. Zeit. 1859 Nro. 48–49. Ueber den Einfluss des Lichtes auf das Oeffnen und Schliessen der stomata.

Aus all diesen Untersuchungen und Resultaten geht wohl noch nicht bestimmt hervor, was nun eigentlich das Haupt-Agens ist, das die Bewegungen verursacht. Ich glaube, dass es sehr verschiedene Ursachen gibt, und dass alle die gefundenen von Einfluss sind, die einen mit mehr Erfolg, die andern mit weniger. Eine von mir unternommene, längere Beobachtung über die Ursachen, die die Bewegung der Blumenkrone, die unter dem Namen: „Pflanzenschlaf", bekannt ist, bewirken, liess mich noch eine andere Ursache vermuthen und zwar die Wärme. Ich weiss sehr wohl, dass damit die Erscheinung des Oeffnens und Schliessens der stomata noch immer nicht endgültig klar wird, aber ich halte es doch für wichtig, wo möglich viele und vielseitige Untersuchungen anzustellen, um dann später auf Grund aller Resultate zusammen das Problem vielleicht definitiv zu lösen.

Während geraumer Zeit habe ich die stomata verschiedener Pflanzen, von der frühesten Morgenstunde an bis zur Nacht beobachtet. Hierbei ergeben sich nun die verschiedensten Resultate. Da ich den Thermometer-Stand dabei immer berücksichtigte, so darf ich unbedingt zu dem Schlusse kommen, dass die Wärme einen wesentlichen Einfluss hat auf das Oeffnen und Schliessen. Bei ungefähr gleich hellem Wetter waren die stomata bald geöffnet, bald geschlossen. Geschlossen waren sie, wenn das Thermometer tief stand; gegen Mittag erreichten sie ihre grösste Ausdehnung, die etwa um 2 bis 3 Uhr an warmen Tagen ihr Maximum hatte.

Mehrere Male setzte ich eine Hyacinthus orientalis bald der Zimmerwärme, bald der im Freien herrschenden Kühle aus und fand, dass die stomata im Zimmer sich öffneten, wenn sie draussen in kalter Luft oder Schneegestöber geschlossen waren. Ferner fand ich, dass offene stomata sich Mittags wieder schlossen, wenn eine Luftveränderung sich

einstellte, was ich dreimal bei Gelegenheit eines Gewitters beobachtete.

Um hierüber ganz klar zu werden, deckte ich mehrere Pflanzen Abends spät vollständig zu, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die stomata geschlossen waren. Am nächsten Morgen untersuchte ich nun die Blätter der zugedeckten Pflanzen und der auf demselben Beete stehenden offenen Blumen. Der Einfluss des Lichtes trat hier evident hervor, indem bis Mittag die stomata der erstern geschlossen, die andern aber weit offen waren. Hierbei war aber darauf zu achten, daśs man gleich alte Pflanzen nahm, indem die alten Pflanzen nicht mehr so sensibel sind, als die jüngern.

Nun aber fand ich gegen Nachmittag, wenn die Wärme des Tages sich bis zum Maximum gesteigert hatte, die stomata der zugedeckten Pflanzen halb offen, was doch nur der Wärme zuzuschreiben ist. Es waren die Untersuchungen an Tagen angestellt, wo das Thermometer bis zu 18°R. zeigte. Endlich stellte ich von zwei gleichen Exemplaren einer Tulipa rex rubrorum, nachdem beide die stomata geöffnet hatten, die eine in einen Raum, in dem Eis aufbewahrt wird, die andere in einen Raum nebenan, wo in beiden Räumen das gleiche Licht herrschte. Nach kurzer Zeit waren die stomata der Pflanze, die in dem kalten Raum stand, geschlossen, wogegen die andern offen blieben. Hier ist ein Einfluss der Wärme nicht zu verkennen.

Wie nun das Licht die Epidermiszellen nöthigen kann, ihren Saft an die Nebenzellen und Schliesszellen abzugeben, wie das Dr. Czech in seiner erwähnten Arbeit über den Einfluss des Lichtes sehr hübsch dargelegt, so kann die die Wärme doch dasselbe verursachen. Dass die stomata in kalter Atmosphäre fast immer geschlossen sind, dürfte mich zu dem ähnlichen Schlusse, den Dr. Czech in Bezug auf das Licht zieht, veranlassen, dass die stomata auch den

Zweck haben, die wärmere Luft in das Innere der Pflanzen einzulassen. Doch übergehe ich dies und hoffe nur etwas, wenn auch wenig zur Lösung dieser ventilirten Frage beigetragen zu haben.

Carolus Zingeler de vita sua.

Natus sum Carolus Zingeler Bonnae a. d. VII. Id. Iun. h. s. XLV patre Martino, matre Sibilla, e gente Pohl, quam ante tres annos morte mihi ereptam doleo. Fidem profiteor catholicam. Puerili institutione imbutus opificium addidici. Tirocinio absoluto peregrinatus sum in Germania superiori, mox vero, consilio mutato litterarum studium aggressus sum. Anno h. s. LXIV Bonnam me contuli, ubi a privatis praeceptoribus litteris instructus anno LXVIII testimonium maturitatis adeptus sum. Per tres sequentes annos studio incubui matheseos et rerum naturalium. Affui scholis virorum doctissimorum: Budde, Clausius, Delius, Giesen, Hanstein, Kekulé, Kortum, Landolt, Lipschitz, Meyer, Noeggerath, Pfitzer, Simrock, Troschel, quibus omnibus de me bene meritis praecipue v. v. c. c. Hanstein et Lipschitz gratias ago, quas debeo maximas. Studiis academicis absolutis a celsissimo principe de Hohenzollern me accersitum gaudeo, ut duos filios celsissimos principes moribus instituerem litterisque humanoribus imbuerem.

Quo officio, humanissime mihi commisso, ad hunc usque diem fungor.

Thesen.

1) Wie überhaupt die Zweckmässigkeit im Aufbau der Pflanzen als leitende Grundidee auftritt, so sind auch die Spaltöffnungen bei den Carices in ihrer Anlage und Vertheilung zweckmässig angeordnet.
2) Die Nebenzellen dieser Spaltöffnungen werden aus der Mutterzelle gebildet, bevor diese letztere in die 2 Thürhüterzellen zerfällt.
3) Auf das Oeffnen und Schliessen der Spaltöffnungen hat auch die Wärme Einfluss.
4) Der Pflanzenschlaf ist nicht dem Lichte als der einzigen Ursache zuzuschreiben.
5) Der Pflanzenschlaf ist von Symptomen der Erschlaffung in den Spiralgefässen begleitet.

Fig. 1.

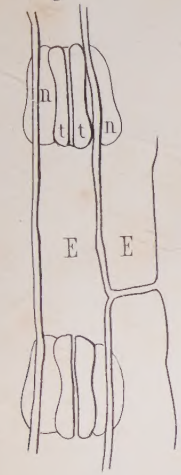


Fig. 3.

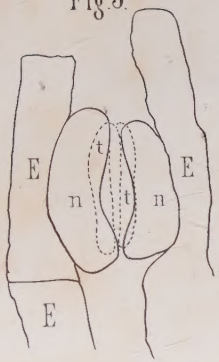


Fig. 4.

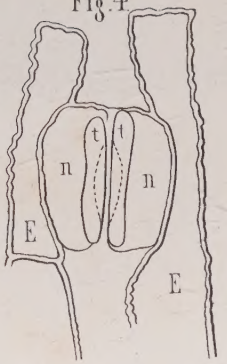


Fig. 7.

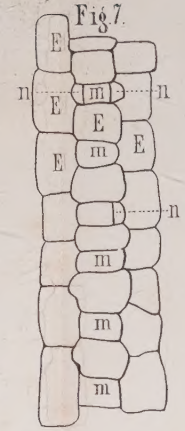


Fig. 8.

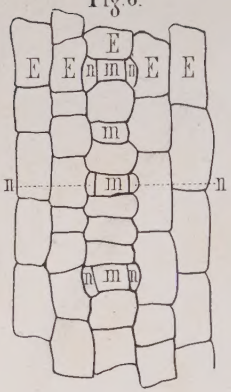


Fig. 9.

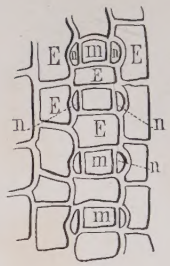


Fig. 5.

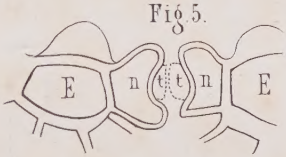


Fig. 6.

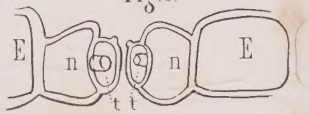


Fig. 15.

Fig. 13.

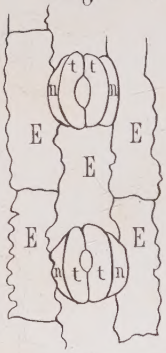


Fig. 14.

Fig. 2.

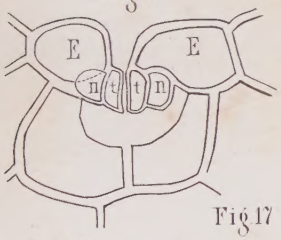


Fig. 10.

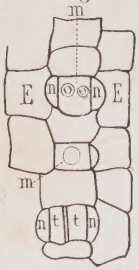


Fig. 11.

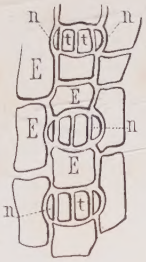


Fig. 12.

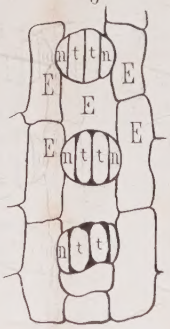


Fig. 17.

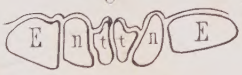


Fig. 16.

Fig. 18.

Fig. 21.

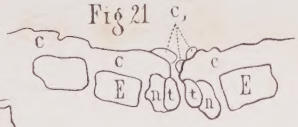


Fig. 23.

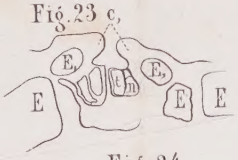


Fig. 25.

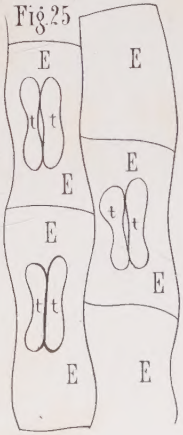


Fig. 26.

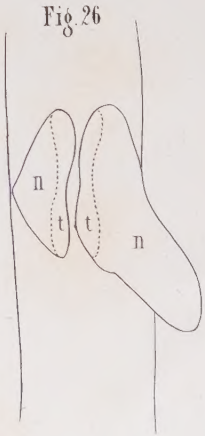


Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 22.

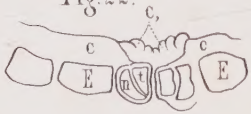
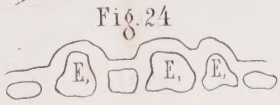


Fig. 24.



Lith. Inst. v. A. Henry, in Bonn